

**ANALISA SUSUT DAYA DAN ENERGI PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI  
GARDU INDUK BRINGIN PENYULANG BRG-4 MENGGUNAKAN *SOFTWARE*  
ETAP 12.6**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**SITI KHOIRIYAH**

**D 400 140 065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2018**

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

### **ANALISA SUSUT DAYA DAN ENERGI PADA JARINGAN DISTRIBUDI DI GARDU INDUK BRINGIN PENYULANG BRG-4 MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6**

## **PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**SITI KHOIRIYAH**

**D400140065**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Agus Supardi, S.T, M.T**

**NIK. 883**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISA SUSUT DAYA DAN ENERGI PADA JARINGAN DISTRIBUDI DI GARDU INDUK BRINGIN PENYULANG BRG-4 MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6

OLEH

SITI KHOIRIYAH

D400140065

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari, Selasa 30 Januari 2018

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, S.T., M.T  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Aris Budiman, S.T., M.T  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Umar, S.T., M.T  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)



Dekan,  
Ir. Sri Sunandono, M.T., Ph. D., IPM  
NIK. 682

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Januari 2018

Penulis



**SITI KHOIRIYAH**

**D400140065**

# **ANALISA SUSUT DAYA DAN ENERGI PADA JARINGAN DISTRIBUDI DI GARDU INDUK BRINGIN PENYULANG BRG-4 MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**

## **Abstrak**

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di jaman sekarang membuat kebutuhan energi listrik semakin meningkat dikalangan masyarakat. Laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan energi listrik setiap tahun. Hal inilah yang memunculkan masalah baru bagi perusahaan listrik negara (PLN). Sumber energi listrik yang disalurkan oleh PLN tidak semuanya dapat diterima oleh konsumen karena sebagian ada yang hilang dalam bentuk susut daya (*losses*). Perhitungan untuk mengetahui susut daya dan energi dilakukan dengan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan ETAP 12.6 (*Electrical Transient and Analysis Program*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hilangnya daya dan energi, kemudian membandingkan hasil dari kedua perhitungan tersebut. Analisa perhitungan dilakukan pada penyulang Bringin-4 Pengambilan data dilakukan pada pukul 10:00 dan 19:00 WIB selama satu bulan. Pengahantar yang digunakan adalah AAAC dengan resistansi penghantar 0,137  $\Omega$ /km. Perhitungan secara manual diperoleh hasil  $P_{\text{loss}}$  pada siang hari yaitu sebesar sebesar 63,10 kW. Total  $P_{\text{loss}}$  pada malam hari sebesar 34,31 kW. total biaya kerugian mencapai Rp. 1.353.723,18. Hasil perhitungan menggunakan ETAP 12.6 bahwa kerugian daya total pada siang hari siang hari yaitu sebesar 86,4 kW dan 590,5 kvar. Total keseluruhan *losses* pada malam hari yaitu sebesar 47,1 kW dan 315,2 kvar.

**Kata Kunci :** Energi, ETAP 12.6, Jaringan Distribusi, Rugi-rugi Daya

## **Abstract**

The advancement of science and technology in the present time makes the need for electrical energy is increasing among the community. The rate of population growth continues to increase proportional to the increase in electricity demand every year. This is what gave rise to new problems for the state electricity company (PLN). The sources of electrical energy supplied by PLN are not all acceptable to consumers because some are lost in the form of losses. Calculations to determine the power and energy losses are done by manual calculations and calculations using ETAP 12.6 (Electrical Transient and Analysis Program). The purpose of this study is to know the loss of power and energy, then compare the results of both calculations. The calculation analysis was performed on Bringin-4 buffer. The data was collected at 10:00 and 19:00 WIB for one month. The introduction used was AAAC with a conduction resistance of 0.137  $\Omega$  / km. Manually calculations obtained by  $P_{\text{loss}}$  during the day that is equal to 63.10 kW. Total  $P_{\text{loss}}$  at night is 34.31 kW. total cost of losses reached Rp. 1.353.723,18. The calculation results using ETAP 12.6 that the total power losses during the daytime that is equal to 86.4 kW and 590.5 kvar. The total losses at night are 47.1 kW and 315.2 kvar.

**Keywords :** Energy, ETAP 12.6, Distribution Network, , Power Loss

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di jaman sekarang membuat kebutuhan energi listrik semakin meningkat dikalangan masyarakat. Laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan energi listrik setiap tahun. Hal inilah yang memunculkan masalah baru bagi perusahaan listrik negara (PLN). Sumber energi listrik yang disalurkan oleh PLN tidak semuanya dapat diterima oleh konsumen karena sebagian ada yang hilang dalam bentuk susut daya (*losses*). Penyebab susut daya (*losses*) bisa diakibatkan oleh beberapa faktor antara lain yaitu kebocoran isolator akibat penurunan tegangan. Penurunan tegangan merupakan indikator utama dalam kualitas daya dan memiliki pengaruh besar pada keadaan normal peralatan listrik (Vujosevic, L, 2011).

PT. PLN (Persero) S.P Salatiga adalah penyedia energi listrik untuk wilayah Salatiga dan sekitarnya. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PT. PLN (Persero) S.P Salatiga yang terbagi atas 3 wilayah kerja meliputi 3 (tiga) *service point* yaitu *service point* Salatiga yang mensuplai energi listrik untuk Kota Salatiga sendiri, *service point* Ambarawa serta *service point* Ungaran yang mensuplai energi listrik untuk wilayah Ungaran dan Bawen. Gardu Induk Bringin terdiri dari 11 penyulang yang bertugas untuk mensuplai energi listrik untuk seluruh wilayah yang ada di salatiga. Pada penelitian ini, penulis melakukan perhitungan susut daya dan energi pada Penyulang Bringin (BRG-4). Tujuan penelitian ini untuk membahas hilangnya susut daya dan energi pada saat sumber energi listrik didistribusikan ke konsumen, menganalisa faktor penyebab hilangnya susut daya dan energi, dan menghitung daya yang hilang menggunakan beberapa metode perhitungan untuk memperoleh keakurasian data. Metode untuk mencari kerugian pada energi listrik yang memperlihatkan faktor rugi daya pada jaringan dan rugi beban, perlu dihitung untuk mengetahui kerugian finansial pada konsumen dan menentukan tarif pembayaran konsumen (Sarang Pande et,2012).

Perhitungan susut daya (*losses*) dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan melakukan perhitungan secara manual. Namun cara ini membutuhkan waktu yang sedikit lama dan terkadang hasilnya kurang efisien. ETAP (*Electrical Transient and Analysis Program*) adalah salah satu bentuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang digunakan untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan maupun simulasi dalam mencari susut daya dan energi. Perhitungan ETAP ini menggunakan studi load flow untuk mengatasi masalah *undervoltage*. Studi aliran beban dapat digunakan untuk menentukan ukuran optimum dan lokasi kapasitor untuk mengatasi masalah tegangan (Kapahi .R, 2013).

Setelah melakukan perhitungan maka akan didapatkan susut daya dan rugi energi (rugi kWh) dinyatakan dalam bentuk rupiah. Faktor penyebab susut daya ada dua yaitu faktor teknis dan non teknis. Rugi teknis adalah pada penghantar saluran, adanya tahanan dari penghantar yang dialiri arus sehingga muncul rugi teknis ( $I^2R$ ) pada jaringan tersebut. Jaringan distribusi lebih rawan mengalami gangguan jika dibandingkan dengan jaringan transmisi, hampir 90% berasal dari jaringan distribusi. Hal ini karena penyaluran energi listrik ke konsumen dilakukan secara terus menerus (Pabla, 1991).

### 1.1 Perhitungan Rugi-Rugi (*losses*) daya pada jaringan penghantar tiga fasa

Jaringan distribusi di gardu induk Bringin penyulang Brg-4 menggunakan jenis penghantar yang dipasang di udara dan beberapa juga ada di bawah tanah. Pemasangan tersebut dilakukan pada tiang saluran distribusi sekunder kira-kira berjarak 20 cm dibawah puncak tiang dengan kabel netral sebagai penyangganya. Dibawah ini adalah data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan.

Tabel 1. Data jaringan distribusi GI Bringin

No	Jenis	Data
1	Jenis penghantar	AAAC ( <i>All Aluminium Alloy Conductor</i> )
2	Penampang penghantar	25 mm <sup>2</sup> , 35 mm <sup>2</sup> dan 50 mm <sup>2</sup>
3	Resistansi penghantar	0,137 $\Omega$ /km
4	Jarak antar saluran pada penyulang	100 m

Perhitungan dilakukan dengan persamaan (1) :

$$P_{\text{losses}} = 3 \cdot I^2 \times R$$

Keterangan :  $P_{\text{losses}}$  = Rugi-rugi daya (watt)

$I$  = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

$R$  = Tahanan saluran ( $\Omega$  / meter)

### 1.2 Perhitungan perkiraan kerugian dana akibat rugi-rugi daya

Perusahaan pemasok listrik mengalami kerugian yang cukup besar setiap bulannya karena hilangnya energi akibat rugi-rugi daya. Besaran daya yang hilang saat proses pentransmisiian harus dihitung dan diantisipasi, sehingga besar daya yang hilang masih dalam batas yang ditolelir (Nolki, et al, 2015). Setelah mengetahui rugi-rugi daya yang hilang maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui energi yang hilang. Perhitungan dilakukan dengan persamaan (2) dan (3) :

$$W = P \times t = V \times I \times t \quad (2)$$

Keterangan : W = Energi listrik (Watt.jam)

P = Daya alat listrik (Watt)

t = Lama pemakaian (jam)

V = Tegangan beban (volt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

$$\text{Biaya Listrik} = \left( \frac{W}{1000} \right) \times \text{TDL} \quad (3)$$

Keterangan :  $\left( \frac{W}{1000} \right)$  = Pemakaian listrik (kWh)

TDL = Tarif dasar listrik (Rp/kWh)

## 2. METODE

### 2.1 Langkah penelitian

Metode penelitian tugas akhir ini dilakukan pada PT. PLN (Persero) S.P Salatiga. Pengambilan data dilakukan selama satu bulan penuh dengan mencatat tegangan dan arus setiap harinya dan beban puncak yang dicatat pukul 10.00 dan 19.00 WIB. Untuk mengetahui susut daya dan energi pada jaringan distribusi pada penyulang Bringin-4 digunakan perbandingan perhitungan manual dan simulasi dengan *software* ETAP 12.6

### 2.2 Studi Literatur

Proses pencarian referensi–referensi atau landasan teori yang akan digunakan untuk menunjang dan mempermudah pembuatan laporan akhir. Landasan teori yang didapatkan mengenai susut daya, energi dan faktor-faktor yang menjadi penyebab hilangnya susut daya.

### 2.3 Pengumpulan data

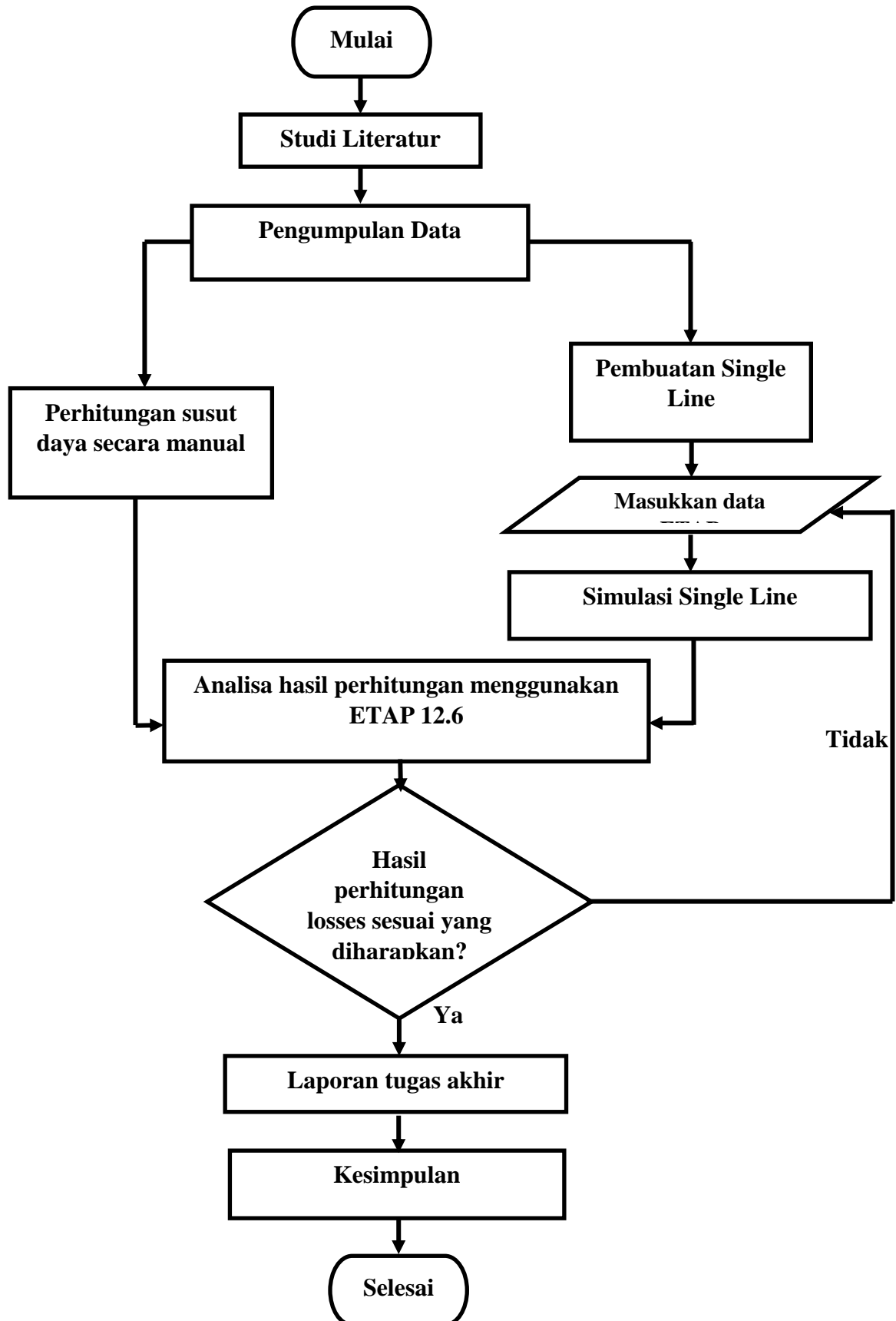
Proses pengambilan data yang nantinya digunakan sebagai bahan dalam menghitung dan menyusun tugas akhir. Data yang diperoleh berasal dari PT. PLN (Persero) S.P Salatiga.

### 2.4 Analisa data

Proses untuk memahami dan menganalisa data yang diperoleh dari proses pengambilan data. Proses ini dapat mengetahui apakah suatu sistem dapat bekerja dengan baik atau tidak. Dalam proses ini digunakan perhitungan manual dan menggunakan *software* ETAP 12.6 dengan tujuan hanya untuk membandingkan dari kedua perhitungan tersebut



## 2.5 Flowchart



Gambar 1. *flowchart* penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perhitungan rugi-rugi daya

Perhitungan secara manual hanya diambil beberapa contoh dari data yang ada. Perhitungan dilakukan dengan mengambil data per *line* yang ada pada penyulang Bringin-4.

##### 3.1.1. Penentuan Resistansi Total Penghantar :

Nilai resistansi (R) yang diperoleh adalah setiap 1 kilometer, sehingga resistansi total penghantar untuk jarak per line 100 m adalah sebesar :

$$R = 0,137 \, \Omega/\text{km} \times 0,1 \, \text{km}$$

$$R = 0,0137 \, \Omega$$

##### 3.1.2. Perhitungan Rugi-Rugi Daya pada Penghantar AAAC :

###### 3.1.2.1 Perhitungan Pukul 10.00 tanggal 15 Agustus 2017

$$\begin{aligned} \text{Line69} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (397,6)^2 \times 0,0137 = 7.312,37 \, \text{W} = 6,50 \, \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Line66} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (391,1)^2 \times 0,0137 = 7.205,23 \, \text{W} = 6,40 \, \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Line11} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (414,9)^2 \times 0,0137 = 7.075,04 \, \text{W} = 6,29 \, \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Line22} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (306,7)^2 \times 0,0137 = 4.295,89 \, \text{W} = 3,87 \, \text{kW} \end{aligned}$$

###### 3.1.2.2 Perhitungan Pukul 19.00 tanggal 16 Agustus 2017

$$\begin{aligned} \text{Line69} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (290,6)^2 \times 0,0137 = 3.838,38 \, \text{W} = 3,47 \, \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Line66} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (288,6)^2 \times 0,0137 = 3.785,81 \, \text{W} = 3,42 \, \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Line11} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (286,2)^2 \times 0,0137 = 3.721,23 \, \text{W} = 3,37 \, \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Line22} \quad P_{\text{losses}} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times (324,5)^2 \times 0,0137 = 2.499,36 \, \text{W} = 2,26 \, \text{kW} \end{aligned}$$

##### 3.1.3. Perhitungan rata-rata $P_{\text{losses}}$

$$\text{Rata-rata } P_{\text{losses}} \text{ Line69} = \frac{P_{\text{losses siang}} + P_{\text{losses malam}}}{2} = \frac{6,50 + 3,47}{2} = 4,98 \, \text{kW}$$

$$\text{Rata-rata } P_{\text{losses}} \text{ Line66} = \frac{P_{\text{losses siang}} + P_{\text{losses malam}}}{2} = \frac{6,40 + 3,42}{2} = 4,91 \, \text{kW}$$

$$\text{Rata-rata } P_{\text{losses}} \text{ Line11} = \frac{P_{\text{losses siang}} + P_{\text{losses malam}}}{2} = \frac{6,29 + 3,37}{2} = 4,83 \text{ kW}$$

$$\text{Rata-rata } P_{\text{losses}} \text{ Line22} = \frac{P_{\text{losses siang}} + P_{\text{losses malam}}}{2} = \frac{3,87 + 2,26}{2} = 3,06 \text{ kW}$$

### 3.1.4. Perhitungan $W_{\text{losses}}$ per hari

$$\text{Rata-rata } W_{\text{losses}} \text{ Line69} \times 24 \text{ jam} = 4,98 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 119,62 \text{ kWh}$$

$$\text{Rata-rata } W_{\text{losses}} \text{ Line66} \times 24 \text{ jam} = 4,91 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 117,91 \text{ kWh}$$

$$\text{Rata-rata } W_{\text{losses}} \text{ Line11} \times 24 \text{ jam} = 4,83 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 115,84 \text{ kWh}$$

$$\text{Rata-rata } W_{\text{losses}} \text{ Line22} \times 24 \text{ jam} = 3,06 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 73,51 \text{ kWh}$$

Tabel 2. Perhitungan rugi-rugi daya penghantar AAAC Agustus 2017

No. Line	Arus (A)		Resistansi ( $\Omega$ )	Plosses siang		Plosses Malam		Rata-rata Wlosses	
	Siang	Malam		W	KW	W	kW	kW	kWh
Line69	397,6	290,6	0,0137	6497,32	6,50	3470,83	3,47	4,98	119,62
Line66	394,7	288,6	0,0137	6402,89	6,40	3423,22	3,42	4,91	117,91
Line11	391,1	286,2	0,0137	6286,62	6,29	3366,52	3,37	4,83	115,84
Line22	306,7	234,5	0,0137	3866,07	3,87	2260,10	2,26	3,06	73,51
Line26	301,7	229,4	0,0137	3741,04	3,74	2162,86	2,16	2,95	70,85
Line183	301,7	229,4	0,0137	3741,04	3,74	2162,86	2,16	2,95	70,85
Line36	295,9	224,8	0,0137	3598,58	3,60	2076,99	2,08	2,84	68,11
Line39	295,9	224,4	0,0137	3598,58	3,60	2069,61	2,07	2,83	68,02
Line42	290,2	219,1	0,0137	3461,28	3,46	1973,00	1,97	2,72	65,21
Line45	172,9	140,8	0,0137	1228,66	1,23	814,79	0,81	1,02	24,52
Line59	84,4	51,7	0,0137	292,77	0,29	109,86	0,11	0,20	4,83
Line60	69,8	42,5	0,0137	200,24	0,20	74,24	0,07	0,14	3,29
Line61	48,2	30,3	0,0137	95,49	0,10	37,73	0,04	0,07	1,60
Line63	24,1	15,1	0,0137	23,87	0,02	9,37	0,01	0,02	0,40
Line50	117,3	78,3	0,0137	565,51	0,57	251,98	0,25	0,41	9,81
Line54	109,6	72,4	0,0137	493,70	0,49	215,44	0,22	0,35	8,51
Line52	109,6	72,5	0,0137	493,70	0,49	216,03	0,22	0,35	8,52
Line53	100,7	65,6	0,0137	416,77	0,42	176,87	0,18	0,30	7,12
Line55	100,7	65,6	0,0137	416,77	0,42	176,87	0,18	0,30	7,12
Line57	76,4	48,7	0,0137	239,90	0,24	97,48	0,10	0,17	4,05
Line 67	397,6	290,6	0,0137	6497,32	6,50	3470,83	3,47	4,98	119,62
Line 65	395,7	288,6	0,0137	6435,38	6,44	3423,22	3,42	4,93	118,30
Line 64	24,1	15,1	0,0137	23,87	0,02	9,37	0,01	0,02	0,40
Line 56	24,1	15,1	0,0137	23,87	0,02	9,37	0,01	0,02	0,40
Line 37	311,9	224,4	0,0137	3998,27	4,00	2069,61	2,07	3,03	72,81
Line 51	106,1	65,6	0,0137	462,67	0,46	176,87	0,18	0,32	7,67
Total =				63,10		34,31		48,70	1168,90

### 3.2 Mengitung Pendekatan Rugi-Rugi Energi Secara Finansial

Hilangnya daya pada saluran distribusi mengakibatkan kerugian finansial bagi perusahaan pemasok listrik (PLN). Untuk mengetahui besarnya kerugian finansial PT. PLN yang disebabkan oleh adanya rugi-rugi daya dapat dilakukan dengan melihat tarif tenaga listrik (TTL) pada Agustus tahun 2017 yang ditaksir dengan rata-rata terlampir seperti pada data tabel berikut :

Tabel 3. Tarif tenaga listrik (TTL) bersubsidi dan nonsubsidi pada bulan Agustus 2017

No.	Daya Listrik (VA)	Tarif Listrik (Rp./kWh)	keterangan
1	450	415	<b>Subsidi</b>
2	900	586	
3	900	1352	<b>Nonsubsidi</b>
4	1300	1352	
5	2200	1.467,28	
6	3500 - 5500	1.467,28	
7	6600 - keatas	1.467,28	
<b>Rata - rata tariff</b>		<b>1.158,12</b>	

Tabel diatas merupakan tarif bersubsidi dan non subsidi pada tahun 2017, data ini akan diunakan sebagai acuan untuk menghitung perkiraan rugi-rugi daya.

### 3.3. Perhitungan biaya listrik yang hilang :

Kerugian line69 =  $W_{\text{losses}}$  per hari x TTL = 119,62 kWh x 1.158,12 Rp/kWh = Rp. 13.8531,80

Kerugian line66 =  $W_{\text{losses}}$  per hari x TTL = 117,91 kWh x 1.158,12 Rp/kWh = Rp. 136.557,74

Kerugian line11 =  $W_{\text{losses}}$  per hari x TTL = 115,84 kWh x 1.158,12 Rp/kWh = Rp. 134.153,97

Kerugian line22 =  $W_{\text{losses}}$  per hari x TTL = 73,51 kWh x 1.158,12 Rp/kWh = Rp. 85.138,03

Tabel 4. Pendekatan rugi finansial dari energi listrik yang hilang

No. Line	Rata-rata $W_{\text{losses}}$		TTL (Rp/KWh)	besar kerugian
	kW	kWh		
Line69	4,98	119,62	1.158,12	138531,80
Line66	4,91	117,91	1.158,12	136557,74
Line11	4,83	115,84	1.158,12	134153,97
Line22	3,06	73,51	1.158,12	85138,03
Line26	2,95	70,85	1.158,12	82049,12
Line183	2,95	70,85	1.158,12	82049,12
Line36	2,84	68,11	1.158,12	78875,96
Line39	2,83	68,02	1.158,12	78773,33
Line42	2,72	65,21	1.158,12	75522,54
Line45	1,02	24,52	1.158,12	28398,76
Line59	0,20	4,83	1.158,12	5595,47
Line60	0,14	3,29	1.158,12	3814,54
Line61	0,07	1,60	1.158,12	1851,40
Line63	0,02	0,40	1.158,12	461,99
Line50	0,41	9,81	1.158,12	11360,97
Line54	0,35	8,51	1.158,12	9855,18
Line52	0,35	8,52	1.158,12	9863,45
Line53	0,30	7,12	1.158,12	8250,11
Line55	0,30	7,12	1.158,12	8250,11
Line57	0,17	4,05	1.158,12	4688,66
Line 67	4,98	119,62	1.158,12	138531,80
Line 65	4,93	118,30	1.158,12	137009,21
Line 64	0,02	0,40	1.158,12	461,99
Line 56	0,02	0,40	1.158,12	461,99
Line 37	3,03	72,81	1.158,12	84327,99
Line 51	0,32	7,67	1.158,12	8887,96
	48,70	1168,90		1353723,18

### 3.4 Analisa Perhitungan Manual

#### 3.4.1. Analisa perhitungan pada siang hari pukul 10.00

Perhitungan manual dilakukan dengan menghitung arus yang mengalir tiap line pada penghantar jenis AAAC pada penyulang bringin-4. Pada line69 rugi-rugi daya sebesar 6,50 kW. Pada line66 rugi-rugi daya sebesar 6,40 kW. Pada line11 rugi-rugi daya sebesar 6,29. Pada line22 rugi-rugi daya sebesar 3,87 kW. Total losses pada siang hari sebesar 63,10 kW.

#### 3.4.2. Analisa perhitungan pada malam hari pukul 19.00

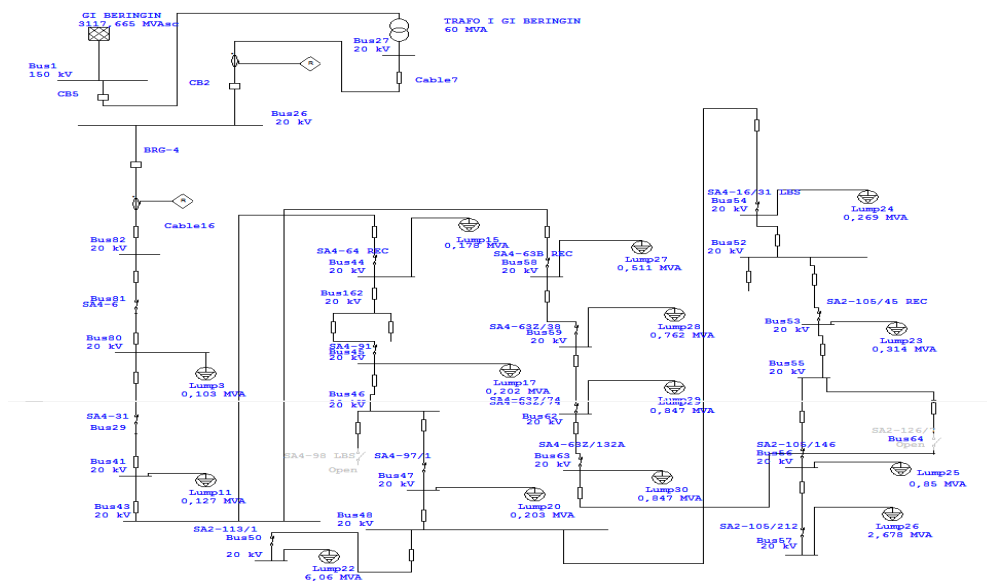
Perhitungan pada malam hari pukul 10.00 mengalami kenaikan beban yaitu pada line69 rugi-rugi daya sebesar 3,47 kW. Pada line66 rugi-rugi daya sebesar 3,42 kW. Pada line11 rugi-rugi daya sebesar 3,37 kW. Pada line22 rugi-rugi daya sebesar 2,26 kW. Total losses pada malam hari sebesar 34,31 kW.

#### 3.4.3. Analisa Susut Energi yang hilang pada penyulang bringin-4

Energi yang hilang pada penyulang Bringin-4 dihitung per line dari data beban siang dan malam hari. Line69 rata-rata  $P_{\text{loss}}$  per hari sebesar 119,62 kWh. Biaya listrik yang hilang mencapai Rp. 138.531,80. Pada line66 rata-rata  $P_{\text{loss}}$  per hari sebesar 117,91 kWh. Biaya listrik yang hilang mencapai Rp. 136.557,74. Pada line11 rata-rata  $P_{\text{loss}}$  per hari sebesar 115,84 kWh. Biaya listrik yang hilang mencapai Rp. 134.153,97. Pada line22 rata-rata  $P_{\text{loss}}$  per hari sebesar 73,51 kWh. Biaya listrik yang hilang mencapai Rp. 85138,03

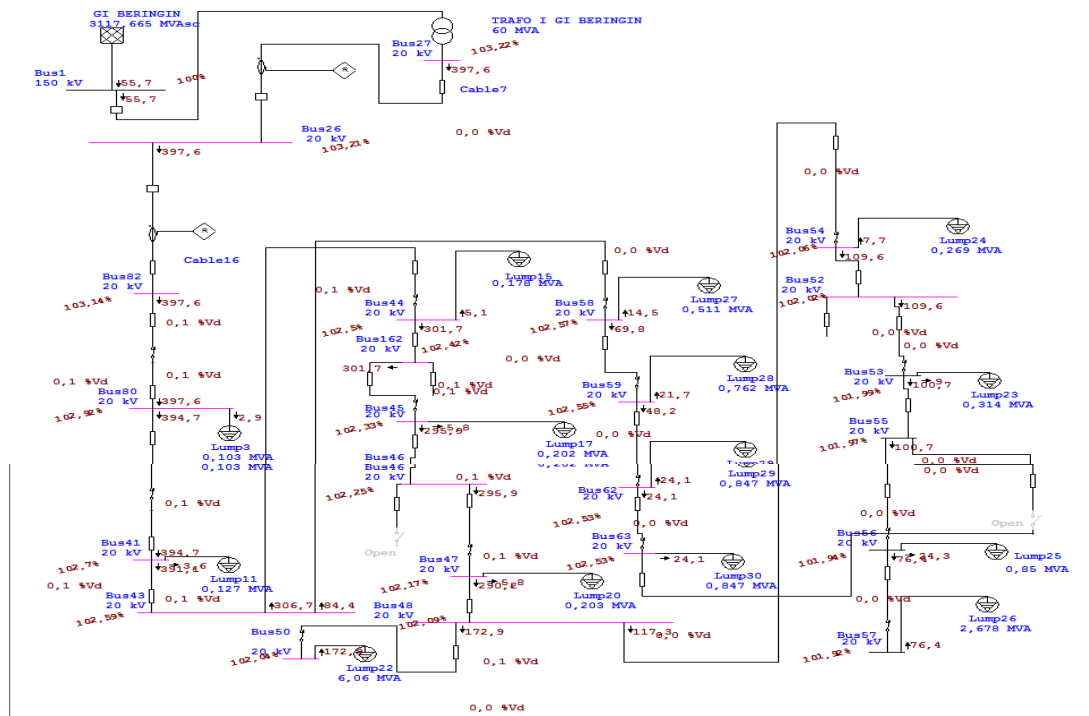
Nilai losses dari penyulang bringin-4 per hari mencapai 1.168,90 kW atau Rp. 1.353.723,18

### 3.5 Simulasi dengan software ETAP 12.6



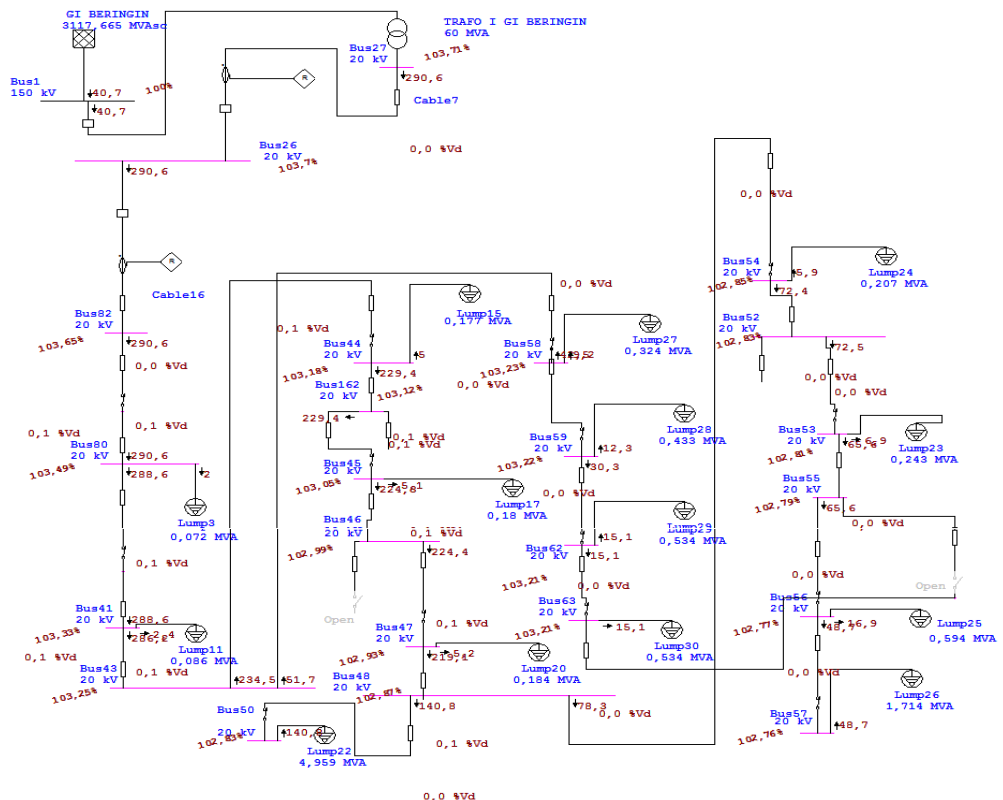
Gambar 2. Single Line jaringan sistem tenaga listrik pada penyulang bringin-4

### 3.5 Simulasi pada siang hari pukul 10.00



Gambar 3. Single line ETAP Power Station 12.6 pada siang hari (10.00)

### 3.6 Simulasi pada malam hari pukul 19.00



Gambar 4. Single line ETAP Power Station 12.6 pada malam hari (19.00)

Tabel 5. hasil perhitungan *losses* menggunakan *software* ETAP 12.6 pada siang hari

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
TRAFOLIGIBERINGIN	12.047	8.003	-12.038	-7.568	9.7	435.7	100.0	103.2	1.69
Cable7	-12.037	-7.565	12.038	7.568	1.2	2.5	103.2	103.2	0.02
Cable16	12.037	7.565	-12.031	-7.557	5.4	8.0	103.2	103.1	0.06
Line65	11.919	7.453	-11.912	-7.437	7.7	16.1	102.8	102.7	0.11
Line66	-11.919	-7.453	11.927	7.469	7.7	16.1	102.8	102.9	0.11
Line11	11.802	7.370	-11.795	-7.354	7.5	15.8	102.7	102.6	0.11
Line22	9.246	5.774	-9.242	-5.764	4.6	9.6	102.6	102.5	0.09
Line59	2.549	1.580	-2.548	-1.579	0.4	0.6	102.6	102.6	0.02
Line26	9.089	5.670	-9.084	-5.660	4.5	9.3	102.5	102.4	0.08
Line36	8.907	5.544	-8.902	-5.535	4.3	9.0	102.3	102.3	0.08
Line183	-9.080	-5.651	9.084	5.661	4.5	9.3	102.3	102.4	0.08
Line39	8.902	5.535	-8.898	-5.526	4.3	9.0	102.3	102.2	0.08
Line37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	102.3	97.4	0.00
Line42	8.724	5.418	-8.720	-5.409	4.1	8.6	102.2	102.1	0.08
Line45	5.195	3.222	-5.193	-3.219	1.5	3.0	102.1	102.0	0.05
Line50	3.525	2.188	-3.524	-2.187	0.7	1.3	102.1	102.1	0.03
Line52	3.293	2.043	-3.292	-2.042	0.6	1.1	102.0	102.0	0.03
Line54	-3.293	-2.043	3.294	2.044	0.6	1.1	102.0	102.1	0.03
Line51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	102.0	97.2	0.00
Line53	3.023	1.875	-3.023	-1.874	0.5	0.9	102.0	102.0	0.03
Line55	3.023	1.874	-3.022	-1.873	0.5	0.9	102.0	101.9	0.03
Line56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	102.0	97.1	0.00
Line57	2.294	1.422	-2.294	-1.422	0.3	0.4	101.9	101.9	0.02
Line60	2.109	1.307	-2.109	-1.307	0.2	0.3	102.6	102.5	0.02
Line61	1.455	0.901	-1.455	-0.901	0.1	0.1	102.5	102.5	0.01
Line63	0.727	0.450	-0.727	-0.451	0.0	-0.1	102.5	102.5	0.01
Line64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	102.5	102.5	0.00
Line67	-12.016	-7.524	12.023	7.541	7.8	16.3	102.9	103.0	0.11
Line69	-12.023	-7.541	12.031	7.557	7.8	16.3	103.0	103.1	0.11
Line184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	102.4	97.5	0.00
					86.4	390.5			

Tabel 6. hasil perhitungan *losses* menggunakan *software* ETAP 12.6 pada malam hari

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
TRAFOLIGIBERINGIN	8.854	5.774	-8.849	-5.541	5.2	232.7	100.0	103.7	1.23
Cable7	-8.849	-5.539	8.849	5.541	0.6	1.3	103.7	103.7	0.01
Cable16	8.849	5.539	-8.846	-5.535	2.9	4.3	103.7	103.7	0.05
Line65	8.771	5.471	-8.767	-5.462	4.1	8.5	103.4	103.3	0.08
Line66	-8.771	-5.471	8.775	5.479	4.1	8.5	103.4	103.5	0.08
Line11	8.693	5.416	-8.689	-5.408	4.0	8.4	103.3	103.2	0.08
Line22	7.117	4.434	-7.115	-4.429	2.7	5.6	103.2	103.2	0.07
Line59	1.572	0.974	-1.572	-0.974	0.1	0.1	103.2	103.2	0.01
Line26	6.962	4.334	-6.960	-4.329	2.6	5.3	103.2	103.1	0.06
Line36	6.802	4.228	-6.800	-4.223	2.5	5.1	103.1	103.0	0.06
Line183	-6.957	-4.324	6.960	4.329	2.6	5.3	103.1	103.1	0.06
Line39	6.800	4.223	-6.797	-4.218	2.5	5.1	103.0	102.9	0.06
Line37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	103.0	98.1	0.00
Line42	6.639	4.120	-6.636	-4.115	2.4	4.8	102.9	102.9	0.06
Line45	4.264	2.644	-4.264	-2.642	1.0	1.9	102.9	102.8	0.04

Line45	4.264	2.644	-4.264	-2.642	1.0	1.9	102.9	102.8	0.04
Line50	2.372	1.471	-2.372	-1.470	0.3	0.5	102.9	102.8	0.02
Line52	2.193	1.360	-2.193	-1.359	0.3	0.4	102.8	102.8	0.02
Line54	-2.193	-1.360	2.194	1.360	0.3	0.4	102.8	102.8	0.02
Line51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	102.8	97.9	0.00
Line53	1.984	1.230	-1.984	-1.230	0.2	0.3	102.8	102.8	0.02
Line55	1.984	1.230	-1.984	-1.230	0.2	0.3	102.8	102.8	0.02
Line56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	102.8	97.9	0.00
Line57	1.473	0.913	-1.473	-0.913	0.1	0.1	102.8	102.8	0.01
Line60	1.293	0.801	-1.293	-0.801	0.1	0.0	103.2	103.2	0.01
Line61	0.920	0.570	-0.920	-0.570	0.0	-0.1	103.2	103.2	0.01
Line63	0.460	0.285	-0.460	-0.285	0.0	-0.1	103.2	103.2	0.00
Line64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	103.2	103.2	0.00
Line67	-8.837	-5.518	8.842	5.527	4.2	8.6	103.5	103.6	0.08
Line69	-8.842	-5.527	8.846	5.535	4.2	8.6	103.6	103.7	0.08
Line184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.2	103.1	98.2	0.00
					47.1	315.2			

### 3.8 Perbandingan hasil perhitungan manual dengan software ETAP 12.6

Tabel 7. Hasil perhitungan manual dan ETAP 12.6

No.Line	perhitungan Manual		Simulasi ETAP 12.6	
	Plosses siang	Plosses Malam	Plosses siang	Plosses Malam
	KW	KW	KW	KW
Line69	6,5	3,47	7,8	4,2
Line66	6,4	3,42	7,7	4,1
Line11	6,29	3,37	7,5	4
Line22	3,87	2,26	4,6	2,7
Line26	3,74	2,16	4,5	2,6
Line183	3,74	2,16	4,5	2,6
Line36	3,6	2,08	4,3	2,5
Line39	3,6	2,07	4,3	2,5
Line42	3,46	1,97	4,1	2,4
Line45	1,23	0,81	1,5	1
Line59	0,29	0,11	0,4	0,1
Line60	0,2	0,07	0,2	0,1
Line61	0,1	0,04	0,1	0
Line63	0,02	0,01	0	0
Line50	0,57	0,25	0,7	0,3
Line54	0,49	0,22	0,6	0,3
Line52	0,49	0,22	0,6	0,3
Line53	0,42	0,18	0,5	0,2
Line55	0,42	0,18	0,5	0,2
Line57	0,24	0,1	0,3	0,1
Line 67	6,5	3,47	7,8	4,2
Line 65	6,44	3,42	7,7	4,1
Line 64	0,02	0,01	0	0
Line 56	0,02	0,01	0	0
Line 37	4	2,07	0	0
Line 51	0,46	0,18	0	0
Total =	63,11	34,31	56,4	47,1

### 3.9 Analisa Single line ETAP 12.6

Simulasi aliran beban yang ditampilkan pada *single line diagram* penyulang bringin-4 untuk mengetahui rugi-rugi daya yang terjadi dengan beberapa tanda warna yang terdapat pada bus yaitu warna hitam, ungu, dan merah. Warna hitam menandakan bahwa komponen tersebut masih dalam keadaan aman artinya tidak terjadi kesalahan. warna ungu (kondisi *marginal*) menandakan komponen tersebut dalam kondisi yang masih dalam batas toleransi keadaan aman. Warna merah (kondisi *critical* )menunjukkan bahwa komponen tersebut perlu



dilakukan evaluasi atau perbaikan agar sistem tetap aman. Gambar 2 menunjukkan bahwa GI Bringin 20 kV terbagi menjadi 2 trafo, masing-masing dengan kapasitas 60MVA. Trafo 1 terdiri dari 6 penyulang dan Trafo 2 terdiri dari 2 penyulang. Setelah disimulasikan ternyata penyulang bringin-4 masih dalam keadaan aman (*marginal*) hal ini ditandai dengan adanya warna ungu pada setiap bus.

### 3.10 Analisa Tabel

- 1). Tabel 6 memperlihatkan hasil simulasi software ETAP pada siang hari pukul 19.00 WIB. Hasil dari perhitungan nilai *losses* pada malam hari berbeda dengan siang hari, hal ini karena pada malam hari beban puncak mencapai angka tertinggi. Diperoleh nilai rugi daya pada line69 mencapai 0,11% dengan *losses* sebesar 7,8 kW. Pada line66 drop tegangan sebesar 0,11% dengan *losses* sebesar 7,7 kW, 16,1 Kvar. Pada line11 drop tegangan sebesar 0,11% dengan *losses* sebesar 7,5 kW, 15,8 Kvar . Pada line22 drop tegangan sebesar 0,09% dengan *losses* sebesar 4,6 kW, 9,6 kvar. Total keseluruhan *losses* pada siang hari yaitu sebesar 86,4 kW dan 590,5 kvar.
- 2). Tabel 5 memperlihatkan hasil simulasi software ETAP pada malam hari pukul 19.00 WIB. Tabel 5 menunjukkan bahwa rugi-rugi daya yang terjadi pada proses aliran daya pada penyulang Bringin-4 selang waktu satu bulan. Diperoleh nilai rugi daya pada line69 drop tegangan mencapai 0,08% dan *losses* sebesar 4,2 kW, 8,6 kvar. *losses* pada line66 mencapai 4,1 kW, 8,5 kvar dan drop tegangan sebesar 0,08%, line11 drop tegangan sebesar 0,08% dan rugi-rugi daya mencapai 4,0 kW, 8,4 kvar. Total keseluruhan *losses* pada malam hari yaitu sebesar 47,1 kW dan 315,2 kvar.
- 3). Tabel 7 memperlihatkan hasil perbandingan dari perhitungan manual dengan simulasi ETAP 12.6. selisih dari kedua perhitungan cukup terlihat. Perhitungan manual diperoleh hasil Total *losses* pada siang hari sebesar 63,10 kW, Total *losses* pada malam hari sebesar 34,31 kW. Perhitungan dengan simulasi ETAP 12.6 diperoleh Total keseluruhan *losses* pada siang hari yaitu sebesar 86,4 kW dan 590,5 kvar. Total keseluruhan *losses* pada malam hari yaitu sebesar 47,1 kW dan 315,2 kvar.

## 4. PENUTUP

### 4.1. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan mencari susut daya dan Energi pada penyulang Bringin-4 dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- 1). Pada penyulang Bringin-4 nilai susut daya dan energi masih dalam batas normal tidak terjadi kondisi yang mengkhawatirkan atau harus ada perbaikan.

- 2). Perhitungan manual diperoleh  $P_{\text{losses}}$  pada siang hari sebesar 63,10 kW. Total  $P_{\text{losses}}$  pada malam hari sebesar 34,31 kW.
- 3). Nilai  $P_{\text{losses}}$  dari penyulang bringin-4 mencapai selama satu bulan sebesar mencapai 1.168,90 kW dengan total biaya kerugian mencapai Rp. 1.353.723,18
- 4). Perhitungan dengan simulasi ETAP 12.6 diperoleh total keseluruhan *losses* pada siang hari yaitu sebesar 86,4 kW dan 590,5 kvar. Total keseluruhan *losses* pada malam hari yaitu sebesar 47,1 kW dan 315,2 kvar.
- 5). Dari hasil perhitungan manual dan ETAP 12,6 hasil akhir dalam mencari susut daya dan energi terjadi selisih yang cukup terlihat, artinya perhitungan manual bisa digunakan untuk mencari susut daya dan energi hanya saja membutuhkan waktu yang cukup lama dan hasilnya kurang efisien.

## 4.2. SARAN

Sebaiknya cukup menggunakan perhitungan ETAP 12,6 karena hasilnya efektif dan pasti, hanya saja butuh ketelitian dalam merangkai dan memasukkan parameter-parameter pada ETAP 12.6.

## PERSANTUNAN

Alhamdulillah penulis sangat bersyukur dan berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

- 1). Allah SWT dan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah memberikan nikmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan lancar.
- 2). Kedua orang tua Bapak Sudarto, Ibu Tami dan kakak tercinta Muslikati yang telah menjadi penyemangat serta selalu memberikan motivasi dan do'a kepada penulis.
- 3). Bapak Agus Supardi, S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, dorongan serta masukan kepada penulis.
- 4). Pihak UPJ PLN Surakarta serta pihak PLN Rayon Sragen yang telah memberikan data-data yang digunakan untuk laporan tugas akhir.
- 5). Teman-teman Teknik Elektro Dini, Gamma, Selka, Reza, Salasma, Sandi, Cahyo, Alvin, Juri, Dani, Dira, Gilis, Aji serta teman-teman Kos Kusuma Rose Zia, Siska, Erma, Ainel, Laily dan yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya, terimakasih

kalian telah memberikan semangat dan memberikan pengarahan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Badi, A., A. Elmoudi, I. M., Al-Wahaibi, A., Al-Ajmi, H., & Al-Bulushi, M. (2011). Losses Reduction in Distribution Transformers. *International Multi Conference of Engineers and Computer Sciences*.
- Hontong, NJ, Maickel Teugueh, Lily S.(2015). Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi di PT.PLN Palu, Universitas Sam Ratulangi Manado.  
<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/VOLT/article/view/816>
- Kapahi .R., (2013). *Load Flow Analysis of 132 kV substation using ETAP Software*, & Technology under Punjab Technical University, India., Volume 4
- Pabla, A.S.(1991). System distribusi daya listrik. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Sarang Pande and Prof. J.G. Ghodekar, (2012). *Computation of Technical Power Loss of Feeders and Transformers in Distribution System using Load Factor and Load Loss Factor*, International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering.
- Vujosevic, L. Spahic E. and Rakocevic D., “One Method for the Estimation of voltage drop in Distribution System”, [http://www.docstoc.com/document/ education](http://www.docstoc.com/document/education), March, 2011